

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international

Rec'd PCT/PTO 03 SEP 2004

(43) Date de la publication internationale
12 septembre 2003 (12.09.2003)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 03/075390 A2(51) Classification internationale des brevets⁷ : H01M 8/24(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR03/00672

(22) Date de dépôt international : 3 mars 2003 (03.03.2003)

(25) Langue de dépôt : français

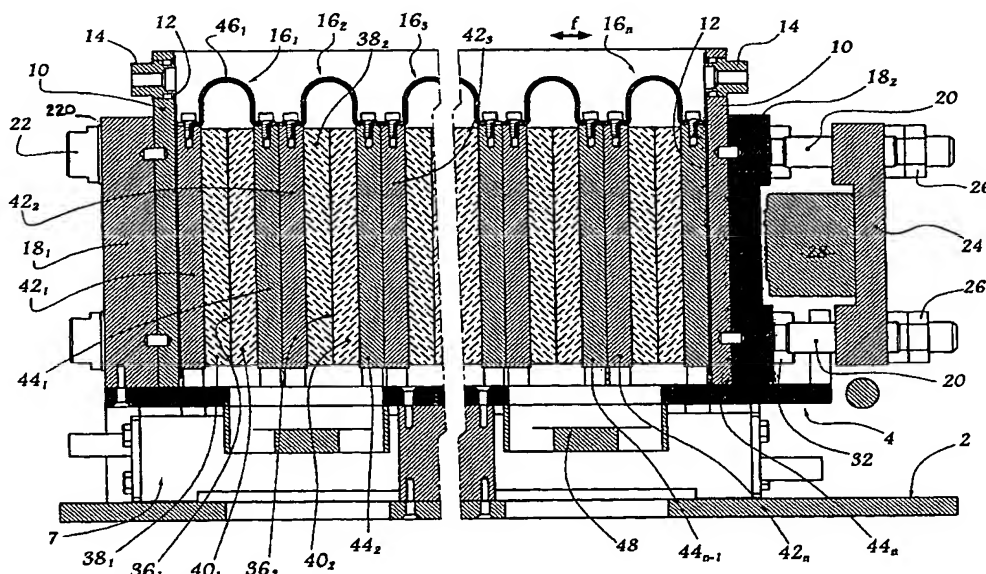
(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
02/02843 6 mars 2002 (06.03.2002) FR(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : L'AIR
LIQUIDE, SOCIÉTÉ ANONYME À DIRECTOIRE
ET CONSEIL DE SURVEILLANCE POUR L'ÉTUDEET L'EXPLOITATION DES PROCÉDES GEORGES
CLAUDE [FR/FR]; Georges Claude, 75, quai d'Orsay,
F-75321 Paris Cedex 07 (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : NOVET,
Thierry [FR/FR]; Impasse du Capiton, F-38190 Bernin
(FR).(74) Mandataires : LE MOENNER, Gabriel etc.; L'Air Li-
quide SA, 75, quai d'Orsay, F-75321 Paris Cedex 07 (FR).(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ,
DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK,
LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,
MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: FUEL CELL, CELL OR GROUP OF CELLS BELONGING TO SAID FUEL CELL, REPLACEMENT KIT FOR SAID
FUEL CELL AND METHOD FOR MAKING SAME(54) Titre : PILE À COMBUSTIBLE, CELLULE OU GROUPE DE CELLULES APPARTENANT À UNE TELLE PILE, KIT DE
REMPLACEMENT POUR CETTE CELLULE ET SON PROCÉDÉ DE FABRICATION(57) Abstract: The invention concerns a fuel cell comprising a series of elementary cells (16₁ to 16_n), each of said elementary cells including a central structure (36₁) consisting of one membrane and of two electrodes, arranged on either side of said membrane, as well as separation means, for separating each elementary cell relative to the or to each adjacent cell. The invention is characterized in that at least two adjacent cells (16₁, 16₂, 16₃, , 16_n) are provided with independent separation means (44₁, 42₂, 44₂, 42₃, , 44_{n-1}, 42_n), particular to each of said two cells, such that said two adjacent cells can be disconnected from each other.

[Suite sur la page suivante]

BEST AVAILABLE COPY



SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **États désignés (régional)** : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) **Abrége :** Pile à combustible comprenant une succession de cellules élémentaires (161 à 16_n), chacune de ces cellules comportant une structure centrale (36₁) formée d'une membrane et de deux électrodes, disposées de part et d'autre de cette membrane, ainsi que des moyens de séparation, permettant de séparer chaque cellule par rapport à la ou à chaque cellule adjacente, caractérisée en ce qu'au moins deux cellules adjacentes (161, 162, 163, ..., 16_n) sont pourvues de moyens de séparation indépendants (44₁, 42₂, 44₂, 42₃, ..., 44_{n-1}, 42_n), propres à chacune de ces deux cellules, de sorte que ces deux cellules adjacentes peuvent être désolidarisées l'une de l'autre.

Pile à combustible, cellule ou groupe de cellules appartenant à une telle pile, kit de remplacement pour cette cellule et son procédé de fabrication

5 La présente invention concerne le domaine technique de la production d'énergie à base de pile à combustible et plus particulièrement les architectures de piles à combustible.

10 De façon classique, une pile à combustible comporte une succession de cellules élémentaires, disposées les unes à côté des autres dans un assemblage communément appelé « pack ». Chaque cellule comporte un compartiment anodique, où se produit l'oxydation de l'hydrogène, ainsi qu'un compartiment cathodique, dans lequel l'oxygène de l'air est
15 réduit, avec production d'eau. En outre, une membrane échangeuse de protons (PEM) sépare physiquement les compartiments anodique et cathodique d'une cellule considérée, qui se trouvent par ailleurs connecté à un circuit électrique extérieur.

20 Le compartiment anodique est mis en communication avec une ligne d'arrivée d'hydrogène, ainsi qu'une ligne d'évacuation de l'hydrogène consommé. Ce dernier est mélangé avec une fraction d'eau, qui a été produite au niveau de la cathode et a traversé la membrane de
25 séparation précitée. De façon analogue, le compartiment cathodique est pourvu d'une conduite d'arrivée d'un mélange de gaz contenant de l'oxygène, typiquement l'air, ainsi que d'une conduite d'évacuation de ce mélange appauvri en oxygène, mélangé à de l'eau.

30 Par ailleurs, plusieurs plaques bipolaires sont généralement prévues, dont chacune sépare deux cellules élémentaires adjacentes. De telles plaques sont susceptibles d'assurer plusieurs fonctions, telles que notamment la distribution des gaz réactifs.

L'architecture de pile à combustible du type décrit ci-dessus présente certains inconvénients, en particulier en termes de maintenance.

En effet, lorsqu'une cellule de cette pile est endommagée, il est nécessaire de démonter intégralement le pack, puis de remonter l'ensemble de la pile. En outre, il se révèle nécessaire de mettre au rebut certains éléments de la pile, tels que les joints d'étanchéité.

La présente invention vise à remédier à de tels inconvénients, et se propose de réaliser une pile à combustible de configuration simple, robuste et dont la maintenance soit grandement facilitée.

A cet effet, l'invention propose une pile à combustible, plus particulièrement comprenant une succession de cellules élémentaires pressées les unes contre les autres par des moyens de compression, chacune de ces cellules comportant une structure centrale formée d'une membrane et de deux électrodes disposées de part et d'autre de cette membrane, et, de part et d'autre de la structure centrale, une structure extérieure de séparation, les cellules étant pressées avec leurs structures de séparation en contact l'une avec l'autre, de sorte que ces deux cellules adjacentes peuvent être désolidarisées l'une de l'autre en désactivant les moyens de compression, et des moyens d'amenée et d'évacuation de fluides s'étendant le long des cellules et connectables individuellement à ces dernières.

Selon d'autres caractéristiques de l'invention :

- les moyens d'amenée et d'évacuation comprennent chacun un ensemble de distribution de fluide extensible, typiquement télescopique.

- chaque organe de jonction est monté dans un support de la pile à combustible, avec possibilité de

débattement transversal par rapport à ce support, au moins selon la direction longitudinale de la pile à combustible ;

- il est prévu au moins un organe assurant l'étanchéité entre chaque organe de jonction et un canal
5 correspondant et prenant appui contre une zone d'étanchéité, bordant ce canal, ladite zone d'étanchéité étant cylindrique, d'axe parallèle à un plan principal de la cellule ;

- le ou chaque ensemble de distribution de fluide
10 comprend au moins deux éléments de distribution de fluide, disposés les uns derrière les autres selon le sens d'écoulement de chaque fluide, ces éléments étant reliés mutuellement par au moins un raccord intermédiaire, apte à coulisser par rapport aux éléments de distribution qu'il
15 relie ;

- le ou chaque ensemble de distribution de fluide est réalisé en une matière isolante électriquement et est avantageusement réalisé en une matière moulable ;

L'invention a également pour objet une cellule
20 élémentaire, ou un groupe de cellules élémentaires, pour une pile à combustible telle que définie ci-dessus, la ou chaque cellule comprenant au moins une structure centrale formée d'une membrane et de deux électrodes, disposées de part et d'autre de cette membrane, ainsi que deux organes
25 de séparation, prévus aux deux extrémités de la cellule élémentaire ou du groupe de cellules, chaque organe de séparation étant apte à prendre appui contre un autre organe de séparation appartenant à une cellule adjacente, dans un agencement permettant ainsi de désolidariser
30 aisément la cellule élémentaire ou le groupe de cellules par rapport à chaque cellule adjacente sans déconstruire l'ensemble de la pile.

L'invention a également pour objet un kit de remplacement pour une cellule élémentaire ou un groupe de

cellules élémentaires telles que définies ci-dessus, comprenant une structure centrale formée d'une membrane et de deux électrodes, disposées de part et d'autre de cette membrane, ainsi qu'un emballage clos dans lequel est reçue
5 la structure centrale.

Selon d'autres caractéristiques de l'invention :

- des orifices sont ménagés dans un joint périphérique de la structure centrale, ces orifices étant aptes à recevoir les moyens de positionnement ;

10 - l'emballage contient un gaz neutre, en particulier de l'azote.

L'invention a enfin pour objet un procédé de fabrication du kit de remplacement tel que défini ci-dessus, dans lequel on assemble la structure centrale par
15 pressage à chaud, puis on rapporte l'emballage autour de cette structure centrale.

Selon une autre caractéristique de l'invention, avant de rapporter l'emballage, on fait passer un courant électrique de pré-conditionnement dans la structure
20 centrale.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre de modes de réalisations particuliers, donnés à titre d'exemples non limitatifs, faite en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :

25 - la figure 1 est une vue de dessus, illustrant un mode de réalisation d'une pile à combustible conforme à l'invention ;

- la figure 2 est une vue en coupe longitudinale de cette pile, selon la ligne II-II à la figure 1 ;

30 - les figures 3 et 4 sont des vues en coupe transversale de cette pile, respectivement selon les lignes III-III et IV-IV à la figure 2 ;

- la figure 5 est une vue de face, illustrant une cellule élémentaire de la pile à combustible des figures 1 à 4 ;

5 - les figures 6 et 7 sont des vues en coupe transversale, respectivement selon les lignes VI-VI et VII-VII à la figure 5, illustrant le montage de cette cellule élémentaire ;

10 - les figures 8 et 9 sont des vues en coupe transversale, respectivement selon les lignes VIII-VIII et IX-IX à la figure 5, illustrant la circulation des gaz à l'intérieur de cette cellule ;

- la figure 10 est une vue en coupe longitudinale, illustrant un ensemble de distribution des gaz appartenant à la pile à combustible des figures 1 à 4 ;

15 - la figure 11 est une vue en coupe longitudinale, à plus grande échelle, illustrant un doigt de jonction appartenant à la pile à combustible des figures 1 à 4 ;

20 - la figure 12 est une vue schématique, illustrant un groupe de cellules élémentaires pouvant équiper la pile à combustible des figures 1 à 4 ; et

- la figure 13 est une vue schématique en perspective, illustrant un kit de remplacement apte à coopérer avec une cellule élémentaire, ou un groupe de cellules élémentaires pour équiper la pile à combustible des figures 1 à 4.

25 Dans le mode de réalisation représenté sur les figures 1 à 4, la pile à combustible de l'invention comprend une embase ou structure support 2, typiquement en forme de plaque, au dessus de laquelle s'étend, parallèlement à l'embase, un plateau ou plaque intermédiaire 4. Entre ces
30 deux éléments sont intercalés deux ensembles de distribution de gaz ou manifolds, repérés par les références 6 et 7, qui seront décrits plus en détail ci-dessous.

Le plateau 4 est surmonté de deux parois latérales verticales parallèles 8, à l'extrémité frontale desquelles sont disposées deux pièces isolantes verticales parallèles 10 orthogonales aux parois 8. Des feuilles
5 conductrices 12, par exemple réalisées en cuivre et reliées à des bornes électriques 14, sont placées sur la face intérieure des pièces isolantes 10.

Une succession de cellules élémentaires 16_1 à 16_n est interposée entre les deux feuilles conductrices 12. La
10 structure de chacune de ces cellules sera décrite plus en détail dans ce qui suit.

Deux plaques de maintien verticales 18_1 et 18_2 , destinées au maintien mécanique de l'ensemble des cellules élémentaires, sont disposées contre la face externe des
15 pièces isolantes 10. Par ailleurs, quatre barres ou tirants 20 s'étendent horizontalement le long des parois latérales 8, à l'extérieur de celles-ci.

A une première extrémité, chaque barre 20 traverse la première plaque de maintien 18_1 . Elle s'y trouve solidarisée
20 par l'intermédiaire d'une butée formée par une tête 22, alors qu'une rondelle Belleville 220, non figurée en détail, est interposée entre cette butée 22 et la face en regard de la plaque 18_1 .

En service, ces rondelles 220 permettent d'absorber
25 les variations de longueur, dues à d'éventuelles dilatations thermiques, et garantissent un maintien de la pression d'assemblage.

A leur autre extrémité, les barres 20 traversent l'autre plaque de maintien 18_2 et s'engagent dans une plaque
30 auxiliaire verticale 24, prévue à distance, à l'extérieur de la plaque de maintien 18_2 , parallèlement à cette dernière. A leur extrémité, les barres 20 sont pourvues d'une portion filetée, coopérant avec un écrou terminal d'assemblage 26.

Dans le mode de réalisation représenté, un vérin 28, avantageusement hydraulique, pourvu de sa tuyauterie d'alimentation 30, est intercalé entre la plaque de maintien 18₂ et la plaque auxiliaire 24. Il est à noter que, au voisinage de la plaque de maintien 18₂, chaque barre 20 est avantageusement munie d'une portion filetée intermédiaire, pouvant coopérer avec un écrou 32 de maintien en tension coopérant en appui contre la face extérieure de la plaque 18₂.

Enfin, la plaque auxiliaire 24 reçoit quatre vis axiales, dont seules deux 34 sont représentées. L'extrémité de tiges de ces vis est apte à prendre appui contre la face extérieure de la plaque de maintien 18₂, de sorte que ces vis sont, le cas échéant, à même de se substituer au vérin 28.

En faisant désormais notamment référence à la figure 2, chaque cellule élémentaire 16 comprend une structure lamellaire centrale 36, constituée d'un sandwich d'une électrode, d'une membrane et d'une électrode. Cette structure, connue en tant que telle, est bordée périphériquement par un joint 37, représenté à la figure 13. Chaque électrode peut être structurée pour assurer directement la répartition des gaz. Elle peut également, en variante, comprendre une zone réactionnelle, associée à une zone diffusionnelle. La membrane est avantageusement réalisée en polymère NafionTM, commercialisé par Du Pont, les électrodes étant constituées d'une structure poreuse en graphite platiné, NafionTM et PTFE, et les couches de diffusion interstitielles en graphite et PTFE.

Dans le mode de réalisation représenté, deux plaques intermédiaires 38 et 40, formant collecteurs de courant, sont disposées de part et d'autre de la structure centrale 36. Comme on le verra plus loin, la plaque intermédiaire 38

est destinée à la circulation d'hydrogène, alors que la plaque 40 est destinée à la circulation d'air. Ces plaques 38, 40 sont par exemple réalisées en graphite, ou en un matériau métallique poreux.

5 Enfin, deux plaques de séparation 42 et 44 sont placées de part et d'autre des plaques 38 et 40. Ces plaques d'extrémité 42 et 44, qui sont affectées aux distributions respectives d'hydrogène et d'air, sont mises en communication avec une plaque intermédiaire voisine,
10 comme cela sera décrit dans ce qui suit. Elles sont réalisées par exemple en graphite, mélange graphite-polymère ou en métal.

 Comme le montre la figure 2, dans le mode de réalisation représenté deux cellules adjacentes, par
15 exemple 16₂ et 16₃, sont séparées par l'intermédiaire des plaques 44₂ et 42₃. Il convient de remarquer que de telles plaques de séparation, qui sont indépendantes, sont propres à chacune de ces deux cellules. Dans le cas de la présente pile à combustible, la plaque bipolaire unique habituelle
20 est en effet remplacée par ces deux plaques distinctes 42, 44, que l'on peut en effet qualifier donc de « monopolaires ». Ceci représente un avantage notable, en termes de maintenance, dans la mesure où deux cellules élémentaires adjacentes peuvent être aisément
25 désolidarisées l'une par rapport à l'autre, en vue de leur démontage. Avec un tel agencement, l'épaisseur de chaque cellule est comprise entre environ 8 et 10 mm.

 A titre de variante non représentée, chaque plaque 42 ou 44 peut être réalisée d'un seul tenant avec une plaque
30 intermédiaire correspondante 38 ou 40, de façon à former un unique organe de séparation. Dans ce cas, l'épaisseur hors-tout de la cellule peut être ramenée à environ 6 mm.

 Il est par ailleurs prévu une boucle ou anse 46, fixée à ses extrémités sur les bords supérieurs des deux plaques

de séparation 42 et 44 d'une même cellule élémentaire 16. Une telle anse permet la préhension et la manutention de cette cellule élémentaire par un utilisateur, ce qui confère un caractère particulièrement aisé au démontage de
5 cette cellule.

Comme le montre notamment la figure 1, les faces en regard des plaques de séparation adjacentes 42,44 sont échancrées ou rainurées, ce qui conduit à la formation d'ailettes ou nervures 47. Les espaces entre ces dernières
10 sont à même de faire circuler un flux d'air de refroidissement, provenant de ventilateurs 48 disposés avantageusement entre les plaques 4 et 2, directement au contact de ces plaques de séparation. Dans ces conditions, la surface d'échange thermique est intégrée aux cellules
15 élémentaires de la pile à combustible.

Il convient de noter que le pas et la largeur des ailettes sont calculés de manière à éviter que des ailettes en regard ne s'imbriquent mutuellement, lors du montage ou du démontage. La fonction d'échange thermique, décrite ci-
20 dessus, peut également être assurée par un autre organe, tel qu'une tôle métallique ondulée, une grille, ou encore un matériau poreux métallique.

Comme le montrent plus particulièrement les figures 6 et 7, chaque plaque intermédiaire 38, 40 est munie d'un
25 pion correspondant 49, 50. Ce dernier traverse typiquement le joint périphérique de la structure centrale 36, de manière à se loger dans un orifice 52, 54, ménagé en regard dans l'autre plaque intermédiaire 40,38. Ces pions 49,50 assurent non seulement un détrompage, en vue du montage de
30 la cellule, mais également un maintien et un positionnement de l'ensemble de la cellule pré-assemblée, en l'absence d'autres moyens de fixation.

A titre de variante, toutes les cellules élémentaires de la pile à combustible peuvent ne pas être individuelles,

en ce sens un sous-ensemble de ces cellules peuvent former un groupe indissociable, affecté de la référence 116 sur la figure 12. Dans cette optique, un tel groupe 116 de cellules est pourvu d'une ou plusieurs plaques bipolaires de séparation, réalisées de façon connue en soi. Dans l'exemple décrit en référence à la figure 12, il est prévu trois cellules 116₁ à 116₃, séparées deux à deux par deux plaques bipolaires 117.

Seules les plaques de séparation d'extrémité 142 et 144 de ce groupe de cellules sont alors individuelles, à savoir qu'elles sont par exemple analogues à celles 42 et 44 des figures. De la sorte, ce groupe de cellules 116 est amovible en bloc par rapport aux cellules qui lui sont adjacentes, non représentées sur cette figure 12.

A titre de variante supplémentaire, il est avantageux de prévoir, de manière séparée, des cellules ou groupes de cellules supplémentaires, qui peuvent se substituer à d'éventuelles cellules qui seraient endommagées. A cet égard, il est tout particulièrement avantageux de disposer et entreposer ces cellules ou groupes de cellules de remplacement dans un conditionnement individuel, par exemple un emballage en cellophane.

La figure 10 illustre l'un (6) des ensembles de distribution de gaz sus-mentionnés, étant entendu que l'autre (7) de ces ensembles, esquissé sur la Figure 1, possède une structure analogue.

Dans l'exemple représenté, l'ensemble 6 se compose de trois éléments de distribution alignés 6₁ à 6₃, chacun creusé d'un perçage axial traversant 55, ces perçages communiquant les uns avec les autres. Ces éléments sont en outre reliés deux à deux par des raccords intermédiaires annulaires 56 insérés dans des zones d'extrémité de diamètre élargi des perçages 55. Chaque raccord, qui est muni de deux joints périphériques « O-ring », est apte à

coulisser par rapport aux deux éléments qu'il relie. Il assure ainsi une fixation télescopique entre ces deux éléments. Ceci permet donc d'absorber les variations de longueur de la pile dues à la mise en pression, en vue de son assemblage, ou encore à des dilations thermiques en fonctionnement.

L'un (6₁) des éléments de distribution est par ailleurs pourvu, à son extrémité extérieure, d'un raccord 58, destiné à être connecté à une arrivée d'air. Ce raccord 58, muni d'un joint périphérique, et reçu dans une extrémité de diamètre élargi du perçage 55 de l'élément 6₁, est également apte à coulisser par rapport à cet élément 6₁. Enfin, l'autre élément d'extrémité 6₃ est équipé d'un bouchon 60, destiné à empêcher toute sortie d'air intempestive.

De façon avantageuse, au moins un des ensembles de distribution 6, 7 est réalisé en une matière isolante électriquement, par exemple en polyamide ou en polypropylène. Ainsi, l'eau qui se trouve évacuée par cet ensemble de distribution n'est pas en contact avec les éléments électriques des cellules. Ceci confère par conséquent un excellent isolement au circuit de puissance. De façon avantageuse, chaque ensemble de distribution de fluide est réalisé en un matériau moulable, ce qui permet de mettre en place une fabrication en série, et donc d'abaisser les coûts correspondants.

Comme le montrent les figures 3 et 4, quatre séries de perçages parallèles sont ménagées dans les ensembles de distribution de gaz 6 et 7. Ainsi, outre les perçages axiaux 55, destinés à l'arrivée d'air, sont prévus des perçages axiaux 62 destinés à la sortie d'air, des perçages axiaux 64 destinés à l'arrivée d'hydrogène, ainsi que des perçages axiaux 66, destinés à la sortie de cet hydrogène.

On va maintenant s'intéresser, plus particulièrement, à la figure 3 qui illustre la plaque de séparation 44₂,

dédiée à la circulation d'air. Comme représenté sur cette figure 3, le perçage 55, destiné à l'arrivée d'air, communique avec un passage transversal horizontal 68₁, qui débouche lui-même dans un volume intérieur vertical recevant un doigt de jonction 70₁ traversant verticalement le plateau 4 avec une possibilité de débattement transversal, au moins d'arrière en avant de la pile (flèche f sur la figure 2). Etant donné que l'extrémité supérieure de ce doigt 70₁ est destinée, en service, à être solidaire de la plaque 44₂, ce débattement permet de compenser les variations de longueur de la pile, lors de sa mise en pression.

En faisant référence à la figure 11, qui illustre à plus grande échelle le doigt 70₁, ce dernier comprend un corps tubulaire 72, terminé par une extrémité inférieure chanfreinée 74, munie d'un joint périphérique 76, reçue dans le volume vertical du bloc de l'ensemble de distribution 6. Le corps 72 est en outre pourvu d'une collerette 78, apte à coopérer avec la face inférieure du plateau 4, de manière à retenir l'ensemble du doigt en position, à l'encontre d'un effort s'exerçant vers le haut. Enfin, ce doigt 70₁ possède une extrémité supérieure chanfreinée 80, munie d'un joint périphérique 82, enfichée, en service, dans les parois d'un canal intérieur de distribution 84, s'étendant verticalement dans la plaque de séparation 44₂.

De façon plus précise, le joint périphérique 82 prend appui contre une zone d'étanchéité 85, bordant le canal 84. Cette zone d'étanchéité 85 possède une forme cylindrique dont la section transversale, circulaire dans l'exemple représenté, peut être quelconque. Par ailleurs, l'axe principal du cylindre formant la zone 85 est parallèle au plan principal de la cellule, à savoir qu'il est vertical sur la figure 11.

Il convient de remarquer que les deux extrémités 74 et 80 du doigt 70₁ lui permettent également d'absorber les variations de longueur de la pile en garantissant l'étanchéité grâce aux deux joints toriques 76, 82. A titre
5 d'alternative, les deux extrémités du doigt de jonction 70 peuvent être réalisées en un matériau autorisant un tel débattement. On citera notamment, de manière non limitative, un matériau élastomère.

Comme le montre la figure 8, le canal 84 débouche, via
10 un raccord 86, dans une première extrémité 88 d'un réseau de distribution d'air, ménagé de façon classique dans la plaque intermédiaire 40 formant collecteur de courant. Ce réseau, dont seules l'entrée et la sortie sont représentées sur les figures 8 et 9, s'étend au voisinage de la
15 structure centrale 36, afin de permettre la mise en œuvre de la réaction de réduction de l'oxygène de l'air, dans le compartiment cathodique de la cellule. Comme représenté sur la figure 9, ce réseau de distribution d'air se termine, dans la plaque intermédiaire 40, par une autre extrémité 90
20 qui débouche, via un raccord tubulaire 92, dans un canal 94 d'évacuation d'air, ménagé dans l'extrémité inférieure de la plaque de séparation 44. Les parois de ce canal 94 reçoivent un autre doigt de jonction 70₂, analogue à celui 70₁ décrit précédemment. Ce doigt 70₂ relie le canal 94 à un
25 passage transversal horizontal supplémentaire 68₂ qui débouche dans le perçage axial 62 de sortie d'air, ménagé dans l'ensemble 7 de distribution de gaz.

En faisant désormais référence à la figure 4, le perçage 64 d'arrivée d'hydrogène est mis en communication
30 avec un passage transversal vertical 69₁ qui débouche dans le volume intérieur d'un doigt de jonction 70₃, analogue à ceux 70₁ et 70₂ décrits précédemment. L'extrémité aval, à savoir supérieure sur la figure 4, de ce doigt 70₃ débouche dans un canal vertical 96, formé dans la plaque 42₂,

appartenant à la même cellule élémentaire 16₃ que la plaque 44₂. Comme le montre la figure 9, ce canal 96 est mis en communication, via un raccord tubulaire 98, avec une extrémité 100 d'un réseau de distribution d'hydrogène analogue, dans son architecture, au réseau de distribution d'air décrit ci-dessus.

Ce réseau d'hydrogène, qui est ménagé dans la plaque intermédiaire 38, s'étend à l'opposé, par rapport à la structure centrale 36, du réseau de distribution d'air, décrit précédemment. Un tel réseau de distribution est destiné à la mise en œuvre de la réaction d'oxydation de l'hydrogène, dans le compartiment anodique de la cellule.

Comme le montre la figure 8, l'autre extrémité 102 de ce réseau de distribution d'hydrogène est mise en communication, via un raccord tubulaire 104, avec un canal 106 d'évacuation d'hydrogène, ménagé dans la plaque de séparation 44₂ (voir également figure 4). L'extrémité inférieure de ce canal 106 reçoit l'extrémité supérieure d'un doigt de jonction 70₄, analogue à ceux décrits précédemment. Ce doigt 70₄ met ainsi en communication le canal 106 avec un passage vertical 69₂, ménagée dans l'ensemble de distribution 7 et débouchant alors dans le perçage axial 66, permettant la sortie de l'hydrogène.

A titre de variante, il peut être envisagé d'ajouter des connexions supplémentaires, qui seraient reliées aux ensembles de distribution de fluide 6 et 7. De telles connexions, dédiées par exemple à la circulation d'un fluide de refroidissement, sont susceptibles d'alimenter un circuit qui serait alors intégré dans les plaques de séparation 42 et 44. Un tel circuit de refroidissement se substituerait ainsi au refroidissement par air, garanti par les ailettes 47.

La mise en compression des différentes cellules élémentaires de la pile à combustible, décrite en référence aux figures précédentes, s'opère comme suit :

Il convient tout d'abord d'assurer la pression d'assemblage nécessaire. Cette phase est mise en œuvre par l'intermédiaire du vérin 28, qui peut le cas échéant être associé aux vis 34, ou être remplacé par celles-ci.

Puis, on visse, par exemple manuellement, les écrous de maintien 32 contre la plaque de maintien 18₂, afin de maintenir cette dernière en position plaquée contre le pack de cellules. Ceci contribue également à maintenir constante la compression exercée sur l'ensemble des cellules. Il est en outre à noter que les plaques 18₁ et 18₂ permettent d'uniformiser cette compression.

Une fois cette opération réalisée, il est alors possible de relâcher l'action exercée par le vérin 28 et, le cas échéant, par les vis 34. La pile à combustible se trouve ainsi en configuration de fonctionnement normal.

Il est à noter que, en service, la compression exercée sur l'ensemble des cellules assure le contact électrique, et donc le passage du courant, entre les différentes cellules, via les plaques de séparation 44.

Si l'on désire relâcher la pression d'assemblage exercée sur les différentes cellules, on applique tout d'abord, par le vérin 28 et le cas échéant les vis 34, une pression temporaire légèrement supérieure à cette pression d'assemblage. Ceci permet de libérer et de dévisser les écrous de maintien 32. On stoppe alors l'action du vérin 28 et des vis 38. Une fois ces opérations menées à bien, les différentes cellules élémentaires 16 de la pile à combustible ne sont plus soumises à une quelconque pression mécanique. De la sorte, elles ne sont plus solidarisées les unes avec les autres.

On conçoit donc qu'il est alors possible de retirer transversalement l'une ou l'autre de ces cellules élémentaires, par exemple en vue de leur maintenance ou de leur remplacement, sans déconstruire le reste du pack de cellules. Dans cette optique, une cellule supplémentaire de substitution peut aisément être disposée, en lieu et place de la cellule qui a été ôtée.

A titre de variante, on peut prévoir de ne pas utiliser de rondelle Belleville ou d'autres éléments rapportés, formant ressort. Dans cette optique, la plaque de maintien 18₁ est alors conformée pour obtenir une précontrainte, de sorte qu'elle assure à la fois les fonctions d'uniformisation de la compression et de maintien de cette compression.

La figure 13 illustre, selon un aspect de l'invention, un kit de remplacement pour une cellule élémentaire 16 ou groupe 116 de cellules élémentaires.

Ce kit comprend une structure sandwich centrale 36R de remplacement, analogue à celle décrite précédemment. Cette structure centrale 36R est pourvue, de manière connue, d'un joint périphérique plat 37 bordant la membrane et les électrodes. Deux orifices 37' sont ménagés dans ce joint 37, par exemple de manière symétrique par rapport au barycentre de l'ensemble de la structure. De tels orifices sont aptes à recevoir les pions 49, 50 décrits en référence aux figures 6 et 7. La structure sandwich présente une surface variable, typiquement à un format compris entre 12 x 15 cm et un format A₄.

Par ailleurs, le kit de remplacement comprend un emballage 36', dans lequel est reçue la structure 36R de manière étanche. Un tel emballage est par exemple réalisé en cellophane ou en polyuréthane. De façon avantageuse, cet emballage renferme un gaz inerte, tel que l'azote.

Le procédé de fabrication du kit de remplacement de la figure 13 comprend tout d'abord une phase d'assemblage de la structure sandwich centrale 36R. Celle-ci est réalisée par pressage à chaud, de façon connue, par exemple à une température comprise entre 80 et 90°C, ainsi qu'à une pression voisine de 20 bars.

Dé façon avantageuse, avant d'emprisonner la structure 36R au moyen de l'emballage 36', on procède à une validation de cette structure centrale en soumettant cette dernière à un courant de conditionnement, dont la valeur est par exemple comprise entre 0,4 et 0,6 A/cm². Une telle mesure permet de garantir et optimiser les performances ultérieures de la structure centrale de remplacement, une fois cette dernière installée dans une cellule élémentaire.

Lorsqu'une des cellules 16₁ à 16_n de la pile à combustible est endommagée au niveau de sa structure centrale, par exemple en cas de déchirure de sa membrane, il est possible de retirer individuellement cette cellule, comme décrit précédemment. Puis, au lieu de remplacer l'ensemble de la cellule, il est possible de procéder uniquement au changement de la structure centrale, les plaques intermédiaires et les plaques de séparation n'étant alors pas mises au rebut. Ceci est tout particulièrement avantageux, puisqu'il est possible de prévoir une réserve sur site d'un certain nombre de kits de remplacement, tels que celui de la figure 13, afin de réaliser d'éventuelles substitutions. On conçoit aisément que de tels kits de remplacement sont d'un encombrement particulièrement restreint.

Quoique l'invention ait été décrite en relation avec des modes de réalisation particuliers, elle ne s'en trouve pas limitée mais est susceptible d'adaptations et de variantes qui apparaîtront à l'homme du métier dans le cadre des revendications ci-après.

REVENDICATIONS

1. Pile à combustible, comprenant une succession de
5 cellules élémentaires (16) pressées les unes contre les
autres par des moyens de compression (34 ; 38), chacune de
ces cellules comportant une structure centrale (36) formée
d'une membrane et de deux électrodes disposées de part et
d'autre de cette membrane, et une structure extérieure de
10 séparation (42, 44), de part et d'autre de la structure
centrale, les cellules étant pressées avec leurs structures
de séparation en contact l'une avec l'autre, de sorte que
ces deux cellules adjacentes peuvent être désolidarisées
l'une de l'autre en désactivant les moyens de compression
15 (34 ; 38), et des moyens (55, 62, 64, 66) d'amenée et
d'évacuation de fluides s'étendant le long des cellules et
connectables individuellement à ces dernières.

2. Pile à combustible selon la revendication 1,
caractérisée en ce que les moyens d'amenée et d'évacuation
20 comprennent chacun un ensemble de distribution de fluide
(6 ; 7) extensible.

3. Pile à combustible selon la revendication 2
caractérisée en ce que les moyens d'amenée et d'évacuation
de fluide (6, 7) comprennent au moins deux éléments de
25 distribution de fluide (6₁, 6₂, 6₃), disposés les uns
derrière les autres selon le sens d'écoulement de chaque
fluide, ces éléments étant reliés mutuellement par au moins
un raccord intermédiaire (56), apte à coulisser par rapport
aux éléments de distribution qu'il relie.

30 4. Pile à combustible selon la revendication 3,
caractérisée en ce que le ou chaque ensemble de
distribution de fluide (6, 7) est réalisé en une matière
isolante électriquement.

5. Pile à combustible selon l'une des revendications 3 et 4, caractérisée en ce que le ou chaque ensemble de distribution de fluide (6, 7) est réalisé en une matière moulable.

5 6. Pile à combustible selon l'une des revendications précédentes caractérisée en ce que chaque cellule (16) est reliée à ces différents moyens d'amenée et d'évacuation (55, 62, 64, 66) par des organes de jonction correspondants (70₁ à 70₄).

10 7. Pile à combustible selon la revendication 6, caractérisée en ce que chaque organe de jonction est creux et se trouve en communication avec un passage (68₁, 68₂, 69₁, 69₂) débouchant dans des moyens d'amenée ou d'évacuation (55, 62, 64, 66) correspondants.

15 8. Pile à combustible selon l'une quelconque des revendications 6 ou 7, caractérisée en ce que chaque organe de jonction (70) débouche dans un canal correspondant (84, 94, 96, 106), destiné à l'entrée ou à la sortie desdits fluides d'entrée ou de sortie, chaque canal étant ménagé
20 dans la cellule élémentaire (16).

9. Pile à combustible selon l'une des revendications 6 à 8, caractérisée en ce que chaque organe de jonction (70) est monté dans un support (4) de la pile à combustible, avec possibilité de débattement transversal
25 (flèche f) par rapport à ce support, au moins selon la direction longitudinale de la pile.

10. Pile à combustible selon la revendication 9, caractérisée en ce que l'organe de jonction (70) possède un organe (78) de retenue contre la face inférieure de ce
30 support (4).

11. Pile à combustible selon l'une des revendications 8 à 10, caractérisée en ce qu'elle comporte au moins un organe (82) assurant l'étanchéité entre chaque organe de jonction (70) et un canal correspondant (84, 94, 96, 106)

et prenant appui contre une zone d'étanchéité (85), bordant ce canal (84).

12. Pile à combustible selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre
5 des moyens (18₁, 18₂) d'uniformisation de la compression appliquée aux cellules.

13. Pile à combustible selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que les moyens de mise en compression des cellules comprennent deux plaques
10 d'extrémité (18₁, 18₂), une plaque auxiliaire (24), prévue à distance de l'une (18₂) des plaques d'extrémité, au moins un organe de mise en tension (28), intercalé entre cette plaque auxiliaire et la plaque de maintien (18₂) qui lui est adjacente, ainsi que des moyens de liaison (20), permettant
15 de relier la plaque auxiliaire (24) et la plaque de maintien (18₁) qui lui est opposée.

14. Pile à combustible selon la revendication 13, caractérisée en ce que l'organe de mise en tension est hydraulique ou pneumatique, en particulier un vérin (28).

20 15. Pile à combustible selon la revendication 13 ou 14, caractérisée en ce que les moyens de liaison comprennent au moins deux barres (20) s'étendant le long des cellules, chaque barre traversant les deux plaques d'extrémité (18₁, 18₂), ainsi que la plaque auxiliaire (24).

25 16. Pile à combustible selon l'une des revendications 12 à 15, caractérisée en ce qu'il est en outre prévu des moyens (32) de maintien de la compression appliquée aux cellules élémentaires (16).

30 17. Pile à combustible selon les revendications 15 et 16, caractérisée en ce que les moyens de maintien de la compression comprennent au moins un écrou disposé sur une barre (20) correspondante, cet écrou étant apte à être disposé contre une plaque de maintien (18₂).

18. Cellule élémentaire (16), ou groupe (116) de cellules élémentaires, pour une pile à combustible selon l'une des revendications précédentes, comprenant au moins une structure centrale (36) formée d'une membrane et de deux électrodes, disposées de part et d'autre de cette membrane, ainsi que deux organes de séparation (42, 44 ; 142, 144), prévus aux deux extrémités de la cellule élémentaire (16) ou du groupe de cellules (116), chaque organe de séparation étant apte à prendre appui contre un autre organe de séparation appartenant à une cellule adjacente.

19. Cellule ou groupe de cellules selon la revendication 18, caractérisé(e) en ce que la cellule ou le groupe de cellules est pourvu(e) de moyens de préhension, en particulier d'une boucle (46).

20. Cellule ou groupe de cellules selon la revendication 19, caractérisé(e) en ce que les moyens de préhension sont fixés sur les deux organes de séparation (42, 44).

21. Cellule ou groupe de cellules selon l'une des revendications 18 à 20, caractérisé(e) en ce qu'il est prévu des moyens (49, 50) de positionnement préalable de la cellule ou du groupe de cellules.

22. Kit de remplacement pour une cellule élémentaire ou un groupe de cellules élémentaires selon l'une des revendications 18 à 21, caractérisé en ce qu'il comprend une structure centrale (36R), formée d'une membrane et de deux électrodes de part et d'autre de la membrane, ainsi qu'un emballage clos (36') dans lequel est reçue la structure centrale.

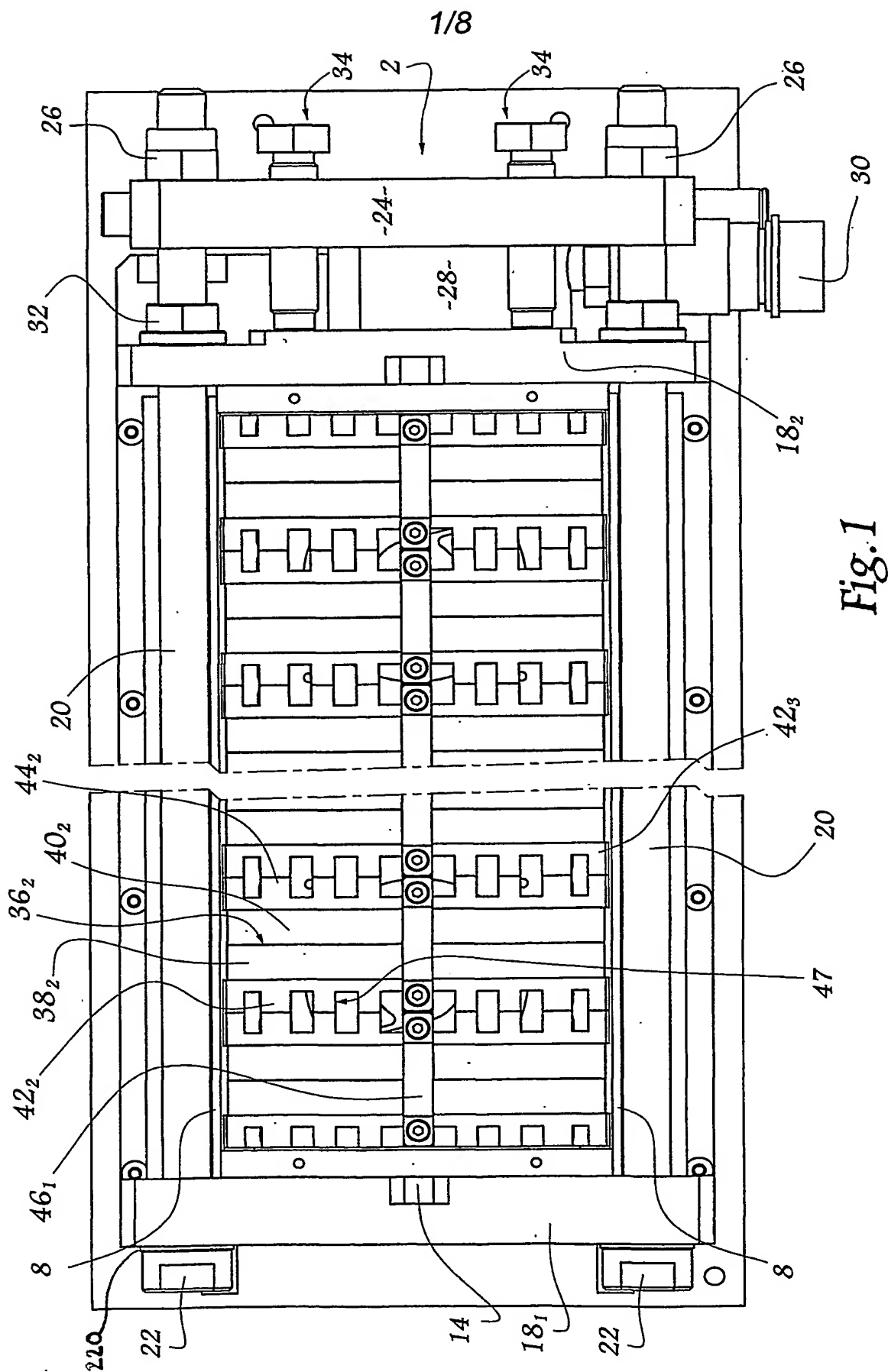
23. Kit de remplacement selon la revendication 22, pour une cellule ou un groupe de cellules selon la revendication 21, caractérisé en ce que des orifices (37') sont ménagés dans un joint périphérique (37) de la

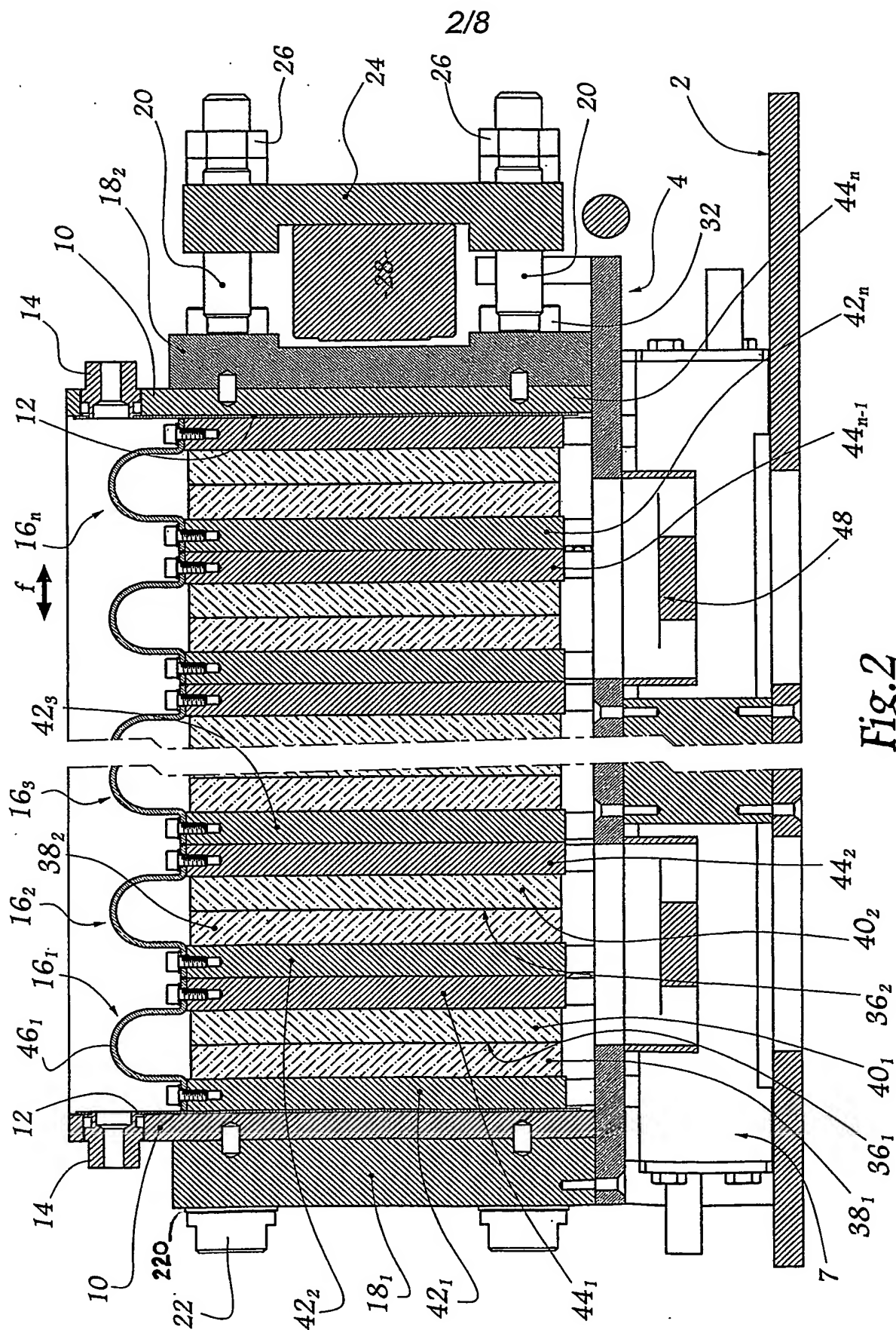
structure centrale (36), ces orifices étant aptes à recevoir les moyens de positionnement (49, 50).

24. Kit de remplacement selon la revendication 22 ou 23, caractérisé en ce que l'emballage contient un gaz neutre.

25. Procédé de fabrication du kit de remplacement selon l'une quelconque des revendications 22 à 24, dans lequel on assemble la structure centrale (36R) par pressage à chaud, puis on rapporte l'emballage (36') autour de cette structure centrale (36).

26. Procédé de fabrication selon la revendication 25, caractérisé en ce que, avant de rapporter l'emballage, on fait passer un courant de conditionnement dans la structure centrale (36).





3/8

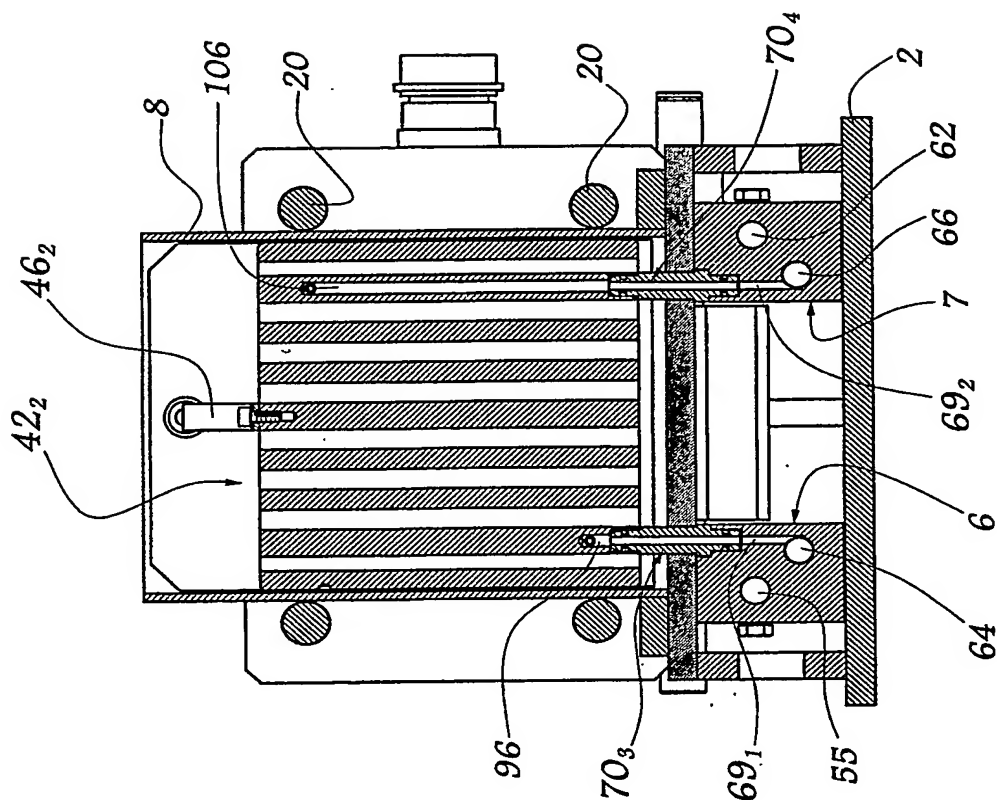


Fig. 4

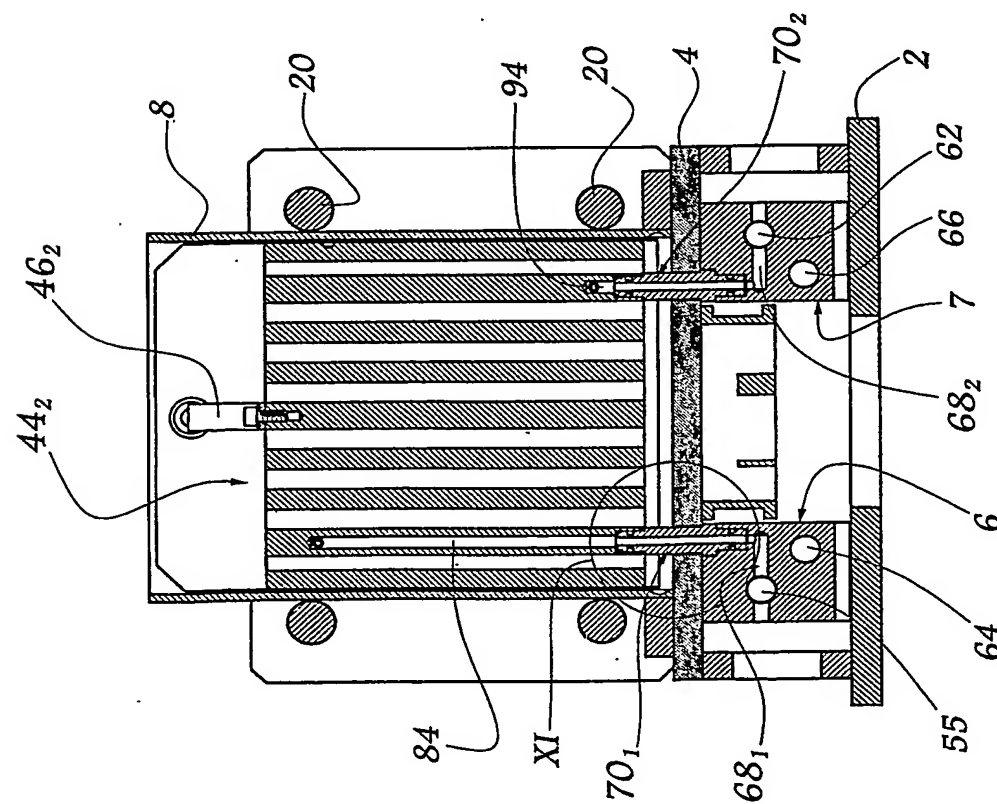
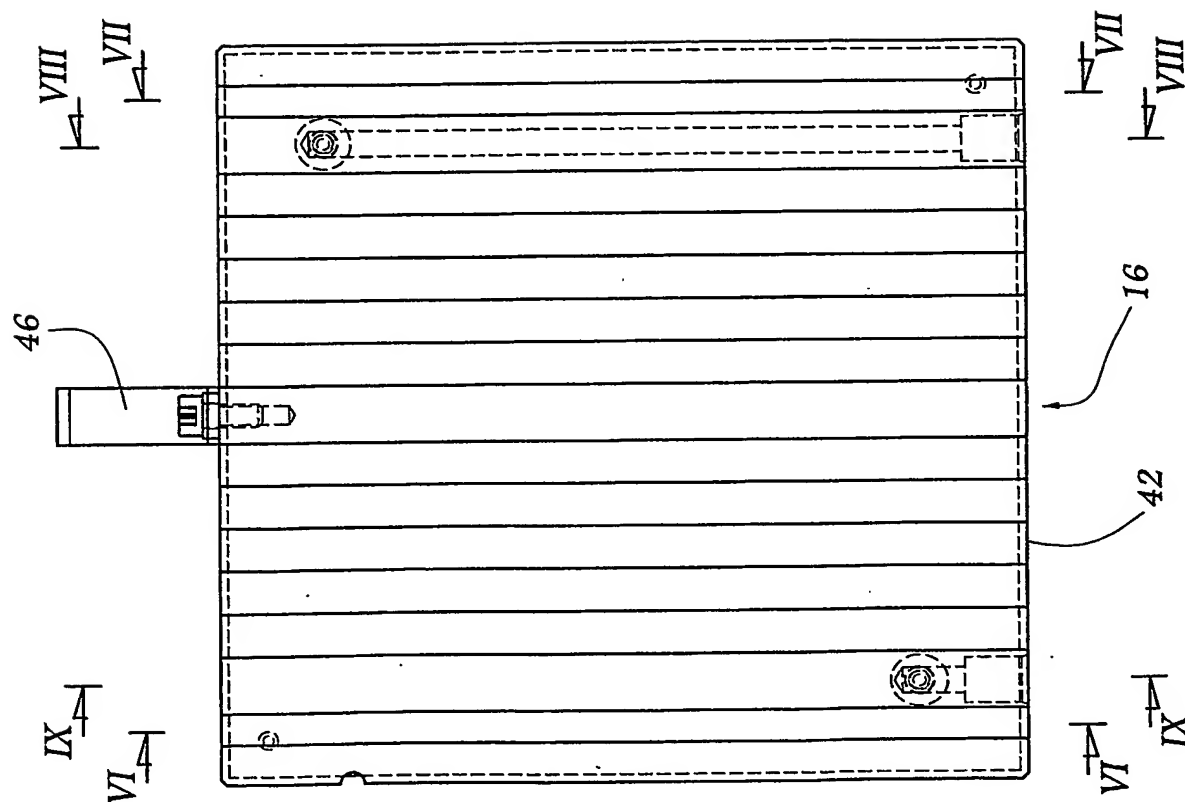


Fig. 3

4/8

Fig. 5



5/8

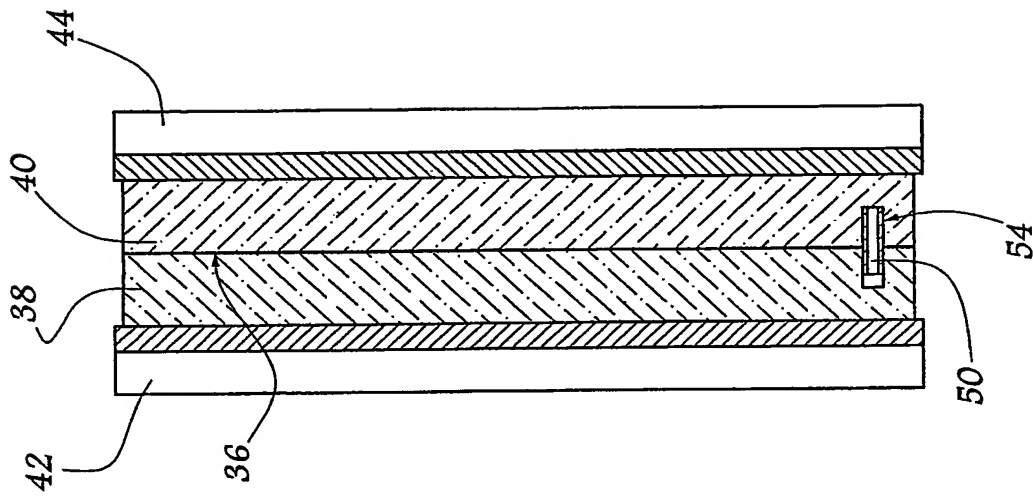


Fig. 7

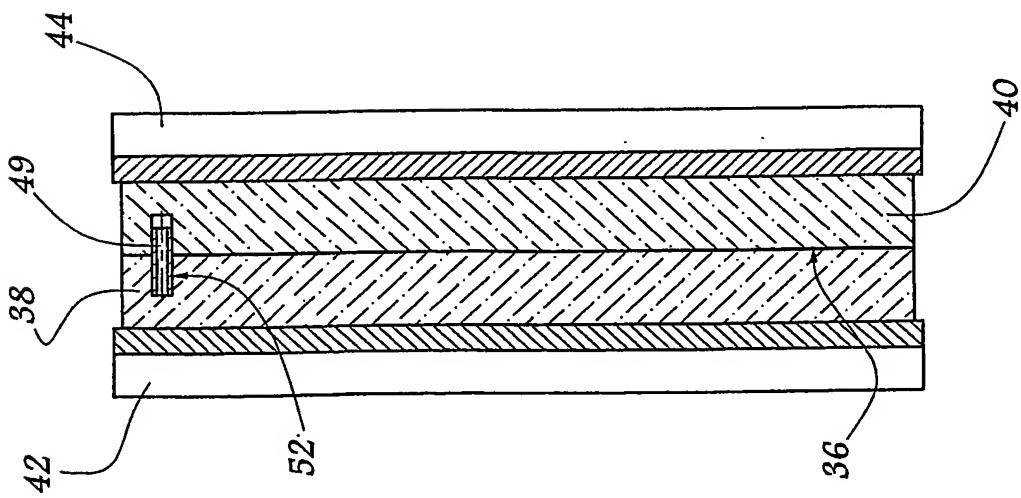


Fig. 6

6/8

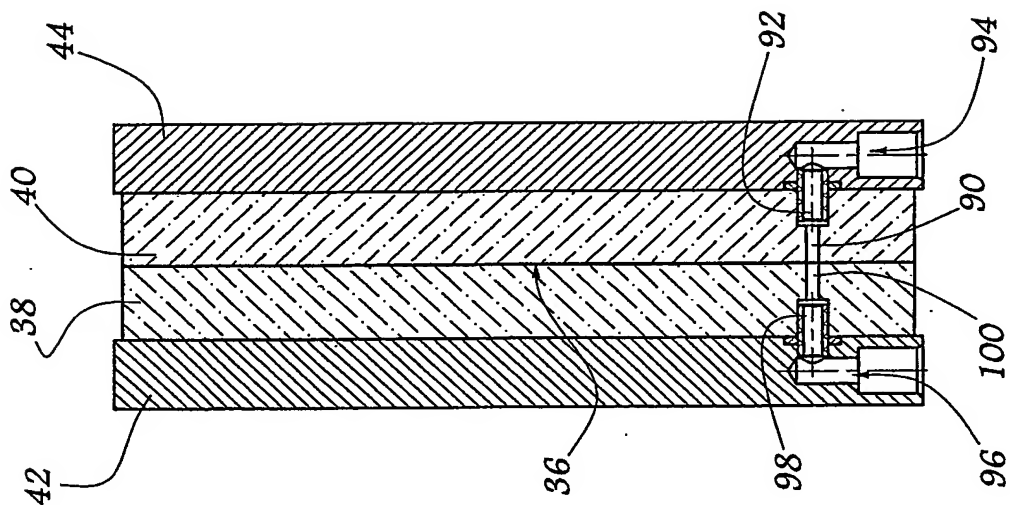


Fig. 9

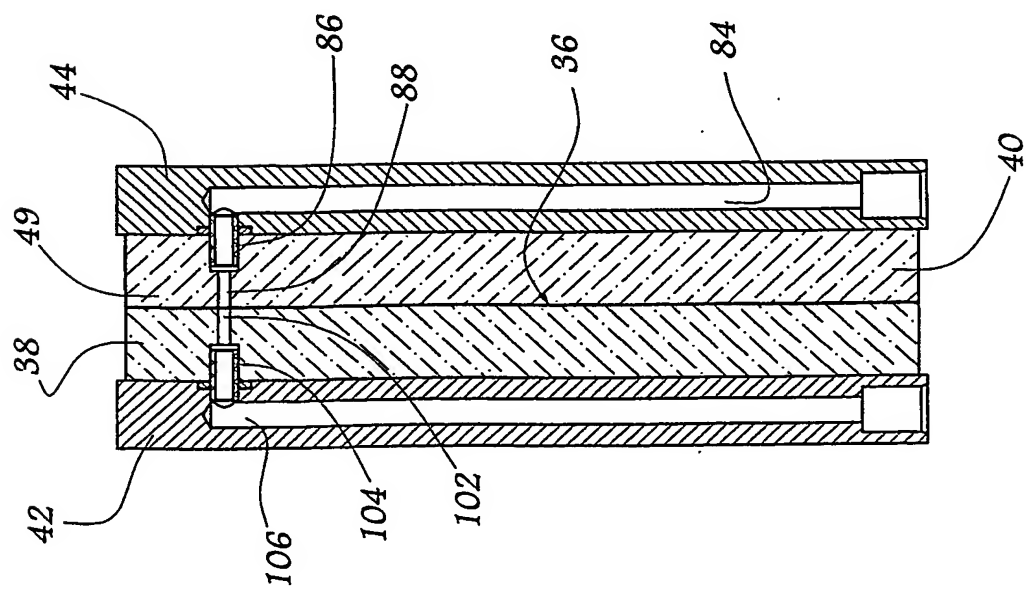


Fig. 8

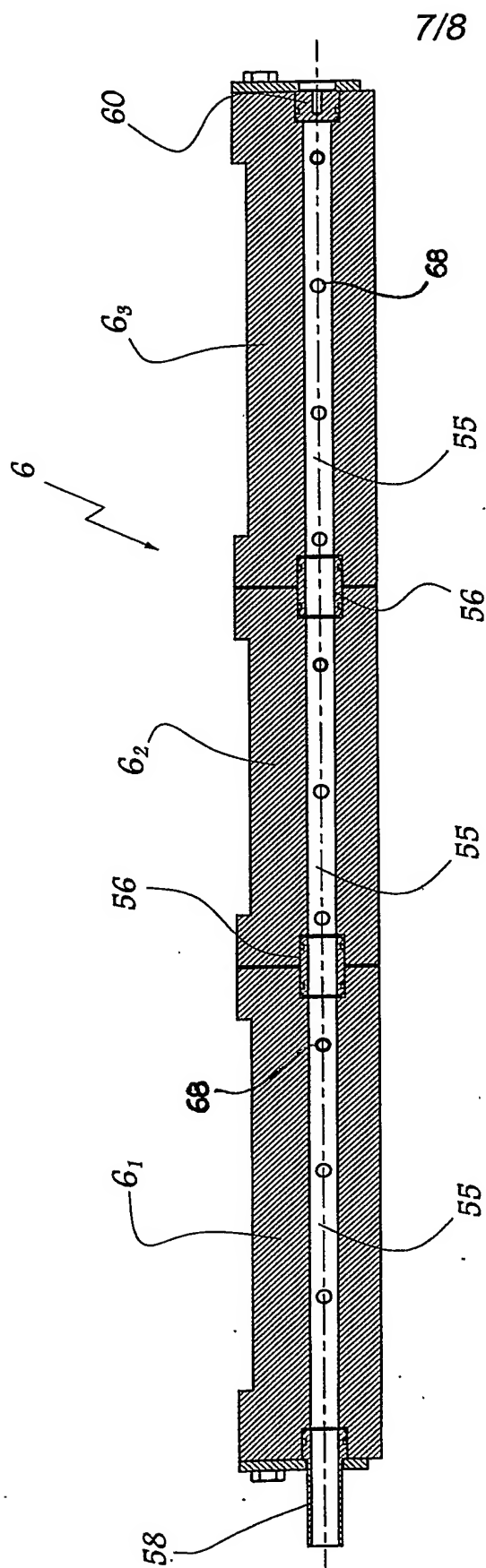


Fig. 10

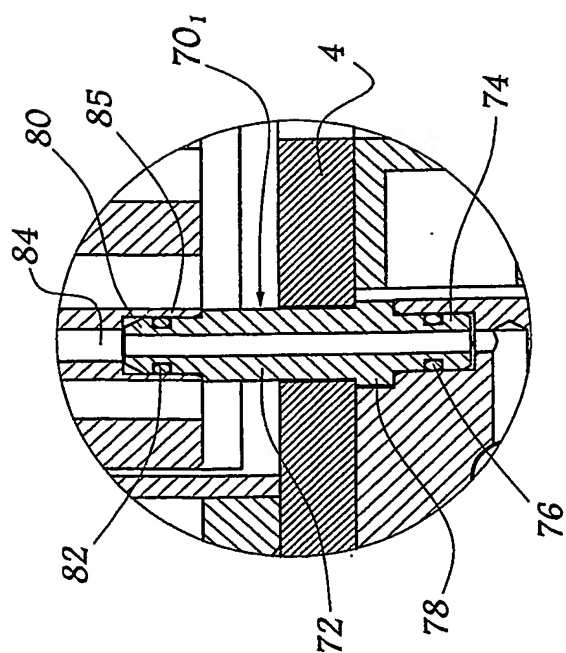


Fig. 11

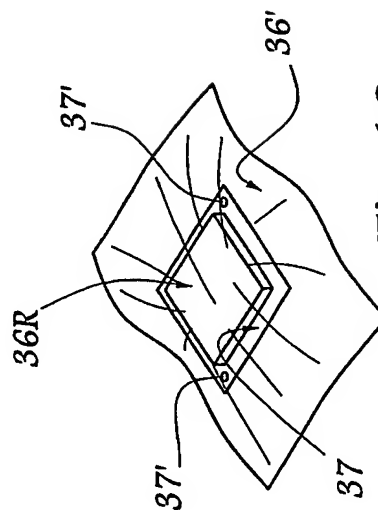


Fig. 13

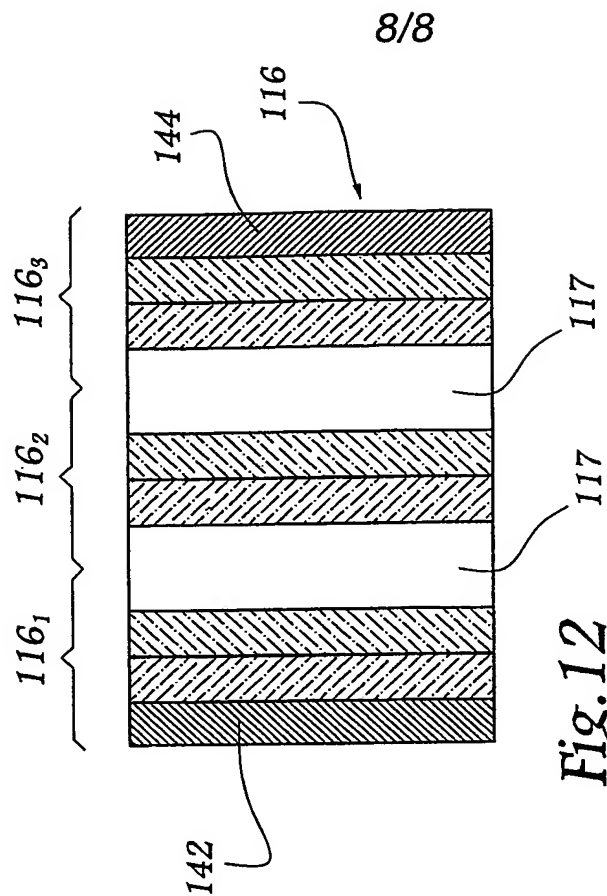


Fig. 12

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.